Iranian Journal of Animal Science Research
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No.1, 2025, p. 1-19

Effect of Chemical Processed Barley Grain (*Hordeum vulgare*) Through Steam Infrared Flaking on Productive and Parameters of Ruminal Fermentation in Holstein Lactating Cows

Amir Honarmand [1], Alireza Vakili [2*], Mohsen Danesh Mesgaran [2], Abdolmansour Tahmasebi [2]

1 and 2- Ph.D. Candidate and Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
*Corresponding Author's Email: savakili@um.ac.ir

Received: 19-06-2024 Revised: 21-08-2024 Accepted: 15-09-2024 Available Online: 23-04-2025	**How to cite this article:** Honarmand, A., Vakili, A., Danesh Mesgaran, M., & Tahmasebi, A. (2024). Effect of chemical processed barley grain through steam infrared flaking on productive and parameters of ruminal fermentation in Holstein lactating cows. *Iranian Journal of Animal Science Research*, 1۷(۱), 1-19. (in Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.88578.1206

Introduction: Barley grain can provide energy and protein to lactating dairy cows; however, feeding high levels of barley grain may increase the risk of developing rumen disorders with extensive consequences for health, welfare and continuity of milk production. Various barley processing (chemically and physically) is critical to prevent ruminal acidosis, enhance digestion, nutrient utilization, and promote productivity. Steam-infrared heated-flaking is a physical-specific process and it impresses on starch gelatinization and protein denaturation which may modify both site and rate of digestion. Treating barley grain with lactic acid have been shown to alter the chemical composition and the nutritional value of treated grains. Barley grains ammunition treatment increased nitrogen content, effective rumen degradable and intestinal digestibility of nitrogen. Plant extract through the selective effect on certain rumen bacteria and the attachment and pattern of their colonization of starchy grain such as barley grain may alter starch degradation.

Materials and Methods: To prepare *Acanthophyllum* (Ap) extract, 1 Kg of dried sample was solved in 5 liter distilled water and manually mixed for 48 h at 30 min hiatuses. Barley grains treated with 5% solution of *Acanthophyllum* or 5.6% ammonium bicarbonate, simultaneously treated with 1% lactic acid. Consequently, non-treated and chemically treated barley grain steamed for 50 min. Then, steam cooked grains were exposed under an infrared -heated for 55 seconds to attain surface kernel temperatures of 100°C. Finally, passed through the roller mill in a flaker machine and were flaked. Thus, experimental treatments were: 1) Steam- infrared heated -flaked of barley grain, 2) Steam- infrared heated -flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid, 3) Steam- infrared heated -flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid. This experiment with a 3 × 3 Latin square design were conducted with three rumen-cannulated Holstein cows (average BW: 690± 13, DIM: 96± 9) in three 21-day periods. Productive responses and dry matter intake were evaluated during the last 4 d of each period. Blood sample was collected on day 21 of

http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.88578.1206

the experimental period before the morning feeding and 2, 4 and 6 h after morning feeding to evaluate the concentration of serum glucose, albumin, total protein and blood urea nitrogen concentration. Acid insoluble ash as an internal marker was used to measure the apparent digestibility of nutrients. The ruminal pH and NH_3-N concentration were continuously measured.

Results and Discussion: Results illustrated that the experimental diets did not affect (P>0.05) on DMI, milk production, FCM and ECM. Milk fat and lactose concentrate were higher in cows fed by the diet containing the steam- infrared heated -flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid and/ or treated with ammonium bicarbonate and lactic acid treatments than the steam- infrared heated -flaked of barley grain treatment (P < 0.05). Milk total solid, protein and MUN concentrate were increased in response to fed the steam- infrared heated -flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid compared to the control (P < 0.05). Generally, serum BUN concentration was significantly affected by the chemical treating during 2, 4 and 6 h after the morning feeding (P< 0.05). The consuming of steam- infrared heated -flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid resulted in increased total blood protein concentration (at 6 h after the morning feeding) in the cows (P< 0.05). When the chemical treatment was used, the apparent digestibility of dietary DM, CP and starch was increased in the cows consuming these diets (P< 0.05). Ruminal pH and also redoex potential were not affected by treatments and sampling time (P> 0.05). In this study, data showed that cows fed the $SIFB_{LaAb}$ had greater ruminal NH_3-N concentration when compared with the other treatments (p< 0.05).

Conclusion: Feeding chemical treated barley grain with 5% extract of *Acanthophyllum* and/or 5.6% ammonium bicarbonate plus 1% lactic acid did not affect DMI and milk production in dairy cow, but improved the milk composition, with higher milk fat, lactose, protein and total solid. In animals fed chemicallym, treated barley grain the nutrient apparent digestibility, enhanced significantly. The MUN, BUN and ruminal NH_3-N concentration increased in cows fed the diet with $SIFB_{LaAb.}$

Keywords: *Acanthophyllum* extract, Ammonium bicarbonate, Lactic acid, Steam flake

نشریه پژوهشهای علوم دامی ایران
Homepage: http://ijasr.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۱۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴، ص. ۱۹-۱

اثر عمل‌آوری شیمیایی همزمانِ با فرآوری فیزیکی دانه جو (*Hordeum vulgare*) بر تولید و فراسنجه‌های تخمیر در شکمبه گاوهای شیرده هلشتاین

امیر هنرمند[1]، سید علیرضا وکیلی[2]*، محسن دانش مسگران[2]، عبدالمنصور طهماسبی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

چکیده

هدف از این آزمایش، بررسی اثر عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با عصاره آبی ریشه چوبک (*Acanthophyllum*)، بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی بر عملکرد تولیدی، فراسنجه‌های خونی، شکمبه‌ای و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گاوهای شیرده بود. این آزمایش در قالب طرح مربع لاتین در سه دوره ۲۱ روزه (هفت روز تغییر جیره، ۱۰ روز عادت‌پذیری و چهار روز نمونه‌گیری) و با استفاده از سه راس گاو فیستولا شده شیرده نژاد هلشتاین انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱) دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی ۲) دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ۳) دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک. در روزهای نمونه‌گیری، رکورد روزانه تولید شیر، ترکیب شیر شامل چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد، فراسنجه‌های خونی (گلوکز، آلبومین، پروتئین کل و نیتروژن اوره‌ای خون در ساعت‌های مختلف پس از مصرف خوراک)، pH شکمبه، نیتروژن آمونیاکی و پتانسیل ردوکس مایع شکمبه و قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته اندازه‌گیری شدند. مصرف ماده خشک، تولید شیر، شیر تصحیح شده براساس انرژی و نیز تصحیح شده براساس ۳/۵ درصد چربی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. عمل‌آوری‌های شیمیایی، درصد چربی شیر را نسبت به تیمار بدون عمل‌آوری افزایش داد. عمل‌آوری شیمیایی با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک موجب افزایش درصد پروتئین، مواد جامد و غلظت نیتروژن اوره‌ای شیر در گاوها شد. نیتروژن اوره‌ای خون در ساعت‌های ۲، ۴ و ۶ پس از خوراک‌دهی صبحگاهی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و برای تیمار دانه جو عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک بیشتر بود. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در تیمار حاوی دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه چوبک و اسید لاکتیک از سایر تیمارها بیشتر بود، این در حالی است که قابلیت هضم ظاهری نشاسته و پروتئین در تیمار دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک بیشترین بود. به‌طور کلی، pH و پتانسیل ردوکس مایع شکمبه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. غلظت نیتروژن آمونیاکی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی و زمان پس از مصرف خوراک قرار گرفت، و در تیمار دانه جو عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک افزایش یافت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که عمل‌آوری شیمیایی دانه جو همراه با فرآوری فیزیکی بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی می‌تواند بر درصد چربی، پروتئین و مواد جامد شیر و همچنین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین و نشاسته اثر مثبت گذارد.

واژه‌های کلیدی: اسید لاکتیک، بخارپز- پولکی، بی‌کربنات آمونیوم، عصاره چوبک

مقدمه

از نکات مهم در تغذیه نشخوارکنندگان، پیش‌بینی بهترین عملکرد حیوان بر پایه مواد خوراکی تشکیل‌دهنده جیره و ترکیب مواد مغذی آن‌ها است (Dehghan-Banadaky *et al*., 2007). دانه جو از رایج‌ترین غلاتی است که در کشور ما برای تغذیه حیوانات مزرعه‌ای (گاو، گوسفند و بز) استفاده می‌شود. دانه جو منبع غنی از نشاسته است

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: savakili@um.ac.ir
http://doi.org/10.22067/IJASR.2024.88578.1206

که در آندوسپرم دانه قرار دارد و بین ۵۴ تا ۷۵ درصد از وزن دانه جو را تشکیل می‌دهد (Chen *et al.*, 2020). نشاسته جو به‌طور معمول حاوی ۲۷ درصد آمیلوز و ۷۳ درصد آمیلوپکتین است (Jacob and Pescatore, 2012). بخش عمده (بین ۸۰ تا ۹۰ درصد) از نشاسته دانه جو به‌سرعت در شکمبه تخمیر می‌شود که ممکن است مشکلات متابولیکی جدی مانند افزایش تولید گاز و کاهش راندمان تخمیر را برای حیوان ایجاد نماید. در نتیجه، نشاسته سریع تجزیه‌شونده اثرات منفی بر محصولات تخمیری شکمبه مانند تولید پروتئین میکروبی دارد (Zebeli *et al.*, 2008). استفاده از اسیدهای آلی و عصاره‌های گیاهی در فرآوری دانه جو از جمله روش‌هایی است که در جلوگیری از اثرات منفی ناشی از مصرف آن و نیز بهبود مسیر تخمیر، مورد توجه قرار گرفته است (Kheirandish *et al.*, 2022). عمل‌آوری شیمیایی غلات با اسید لاکتیک عملی رایج است، زیرا که این اسید آلی کاملاً بی‌ضرر (Inoffensive) بوده و نتایج مطلوبی را به‌دنبال داشته است (Deckardt *et al.*, 2014). جلوگیری از فعالیت آنزیم آمیلاز در اثر فرآوری دانه جو با اسید لاکتیک گزارش شده است که نشان‌دهنده کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته در دانه‌های جو عمل‌آوری شده است (Östman *et al.*, 2002). فرآوری دانه جو با عصاره‌های یونجه و چغندرقند منجر به تغییر در میزان و محل هضم نشاسته آن می‌شود (Naseroleslami *et al.*, 2018). عصاره‌های گیاهی با اثر انتخابی روی برخی از باکتری‌های شکمبه بر نحوه اتصال و الگوی کلونیزاسیون آن‌ها و همچنین سوبسترا غنی از نشاسته تاثیر گذاشته و در نتیجه، روی هضم آن‌ها اثر می‌گذارند (Hart *et al.*, 2008). گیاه چوبک (*Acanthophyllum Caryophyllacea*) منبع غنی از ساپونین است و دارای خصوصیت شویندگی است، همچنین به‌عنوان یک فعال‌کننده سطحی شناخته می‌شود (Dabestani *et al.*, 2021). علاوه‌بر موارد ذکر شده بالا، عمل‌آوری شیمیایی با ترکیبات آمونیوم دار علاوه‌بر افزایش غلظت پروتئین خام، منجر به تغییر میزان تجزیه نشاسته و پروتئین در شکمبه و همچنین افزایش عملکرد حیوان می‌شود (Humer and Zebeli, 2017). فرآوری فیزیکی غلات انواع مختلفی دارند که در بین آن‌ها فرآوری بخارپز- پولکی (Steam-flaking)، روشی مطمئن بوده که با افزایش سطح تماس در دانه و نیز آسیب به ماتریکس پروتئینی پیرامون گرانول‌های نشاسته، قابلیت دسترسی و هضم را افزایش می‌دهد (Plascencia *et al.*, 2018). استفاده از یک فرآوری حرارتی مانند به‌کارگیری امواج حرارتی مادون قرمز (Micronizing) به همراه روش بخارپز- پولکی (به‌عنوان تکمیل‌کننده) می‌تواند بیشینه استفاده از مواد مغذی توسط ریزجانداران شکمبه و دام را در پی داشته باشد (Ebrahimi, 2020). فرآوری فیزیکی غلات، پتانسیل تولید شیر و قابلیت هضم مواد مغذی به‌ویژه نشاسته را افزایش می‌دهد، همچنین با تغییر pH و نسبت اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای بر سلامت متابولیکی حیوان اثر می‌گذارد (Malekkhahi *et al.*, 2021). فرآوری شیمیایی با تغییر میزان هضم نشاسته در شکمبه بر قابلیت جذب آمونیاک شکمبه توسط ریزجانداران اثر گذاشته و بازدهی استفاده از نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Naseroleslami *et al.*, 2022). با توجه به اثرات مفید فرآوری‌ها بر نشاسته غلات این‌گونه بیان شده است که عبور (Bypass) نشاسته از شکمبه و جذب آن در روده کوچک علاوه‌بر اینکه گلوکز بیشتری را برای حیوان فراهم می‌کند، یک پیش‌ساز مهم برای لاکتوز بوده و احتمالاً اسیدهای آمینه را برای اهدافی غیر از ساخت پروتئین همانند اکسیداسیون و گلوکونئوژنز ذخیره می‌کند (Naseroleslami *et al.*, 2022) که تمامی این موارد بر تولید و ترکیب شیر اثرگذار است. هدف از مطالعه حاضر، انجام عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با اسید لاکتیک، بی‌کربنات آمونیوم و یا عصاره گیاهی چوبک همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی بر مقدار پروتئین دانه جو و هضم‌پذیری آن و نیز مقدار و میزان هضم نشاسته و تأثیر آن بر وضعیت تخمیری شکمبه، تولید و ترکیب شیر و برخی از فراسنجه‌های خونی می‌باشد. انجام همزمان هر دو نوع فرآوری روی دانه جو به‌عنوان یک روش جدید، می‌توانند امکان استفاده از آن در جیره گاوهای شیری را به حداکثر برساند که این امر در کاهش اثرات منفی بیماری‌های متابولیکی ناشی از مصرف جو و نیز افزایش سودآوری گله مؤثر می‌باشد.

مواد و روش

عمل‌آوری شیمیایی و فرآوری فیزیکی دانه جو

دانه‌های جو استفاده شده در این آزمایش از نوع وارداتی از کشور قزاقستان بود. مقدار غلظت مواد مغذی (گرم در کیلوگرم) دانه‌های جو خام اولیه عبارت بودند از: ماده خشک= ۹۲۴، پروتئین خام= ۱۱۶، دیواره سلولی (NDF)= ۲۰۴، دیواره سلولی بدون همی‌سلولز (ADF)= ۷۳ و نشاسته= ۵۴۹ گرم در کیلوگرم. عصاره ریشه گیاه چوبک[1] (Ap) با روش خیساندن در آب مقطر به‌دست آمد. ریشه گیاه چوبک از شهرستان بیرجند تهیه و در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد اصالت آن تأیید گردید. ابتدا مواد خارجی از آن‌ها جدا شد، سپس با نسبت یک به پنج با آب مقطر مخلوط شدند و به‌مدت ۴۸ ساعت خیسانده و به‌فاصله هر ۳۰ دقیقه یک‌بار هم زده شدند. پس از صاف کردن، محلول به‌دست آمده ۶۰ دقیقه روی شعله ملایم قرار گرفتند تا غلیظ شوند، پس از سرد شدن جهت عمل‌آوری دانه‌های جو استفاده شد. بی‌کربنات آمونیوم[2] (Ab) از شرکت فجر پارسیان تهیه شد. همچنین از اسید لاکتیک (La) با خلوص ۸۵ درصد در عمل‌آوری دانه جو استفاده گردید. به منظور عمل‌آوری، در یک

1- *Acanthophyllum* (Ap)
2- Ammonium Bicarbonate

وان پلاستیکی، ۵۰۰ کیلوگرم دانه جو الک شده ریخته شد و به مقدار پنج درصد از وزن آن‌ها، عصاره آبی ریشه چوبک به آن‌ها اضافه شد و با پارو کاملاً مخلوط گردید، همچنین در این حین به مقدار یک درصد از وزن دانه‌ها، اسید لاکتیک به دانه‌ها اسپری شد. در تیمار بی‌کربنات آمونیوم بعد از اینکه پنج درصد وزن دانه‌ها، آب اضافه شد و با پارو شروع به مخلوط کردن شد، همچنین در این حین به‌صورت لایه‌ای ۵/۶ درصد وزن دانه بی‌کربنات آمونیوم و نیز یک درصد اسید لاکتیک به دانه‌های جو اضافه شد. برای شاهد نیز فقط قبل از قرارگیری در محفظه بخار به‌میزان ۱۰ درصد وزن دانه به آن‌ها آب افزوده شد. دانه‌های جو بلافاصله بعد اضافه کردن انواع افزودنی‌های ذکر شده، با بالابر به درون محفظه بخار رفته و در بخار اشباع با دمای ۹۶ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۵۰ دقیقه مورد پخت واقع شدند. بلافاصله پس از خروج از محفظه بخار در دستگاه میکرونایزر فرآوری صورت گرفت. منبع حرارتی سرامیک‌های بودند که با شعله گاز حرارت داده می‌شدند. دانه‌ها روی نوار نقاله که با ویبراتور تکان داده می‌شد، قرار گرفتند. سرعت نوار نقاله به‌گونه‌ای تنظیم شده بود که دانه‌ها ۵۵ ثانیه مورد تابش با امواج مادون قرمز قرار گرفتند و دمای سطحی آن‌ها به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید (ثبت دمای سطحی دانه بوسیله دماسنج انجام شد). بلافاصله بعد از قرارگیری در معرض امواج مادون قرمز در دستگاه فلیکر، دانه‌ها توسط غلطک‌ها که فاصله آن‌ها با فیلر گیج صنعتی ۰/۵ میلی‌متر تنظیم شده بود، به‌صورت پولک در آمدند (SIF). در انتها، در دستگاه کولر قرار گرفتند و پس از خنک شدن کیسه شده، تا اینکه در زمان انجام آزمایش استفاده شوند.

جیره‌های آزمایشی و مدیریت دام‌ها

آزمایش در پاییز سال ۱۴۰۱ در مرکز تحقیقات گاوشیری دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. این آزمایش با استفاده از سه راس گاو فیستولا شیرده نژاد هلشتاین در قالب طرح مربع لاتین در سه دوره ۲۱ روزه (هفت روز تغییر جیره، ۱۰ روز عادت‌پذیری و چهار روز نمونه‌گیری) انجام شد. گاوها میانگین وزن زنده ۱۳ ± ۶۹۰ کیلوگرم، روزهای شیردهی ۹ ± ۹۶ روز و شکم زایش ۱ ± ۲ داشتند. تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بدون عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- امواج مادون قرمز - پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$) بودند. تنها تفاوت بین جیره‌های آزمایشی در استفاده از اوره در تیمار یک بود (جدول ۱). جیره‌های آزمایشی با نرم‌افزار انجمن تحقیقات ملی (NRC، ۲۰۰۱) با توجه به ویژگی گاوهای مورد آزمایش تنظیم گردید. گاوها در جایگاه انفرادی و با جیره کاملاً مخلوط (TMR) در سه نوبت و در حد اشتها تغذیه شدند و دسترسی آزاد به آب نیز داشتند. خوراک روزانه در ساعت‌های ۶، ۱۴ و ۲۲ داده می‌شد. در روز بعد و قبل از خوراک‌دهی صبح، پس‌مانده خوراک روز قبل جمع‌آوری می‌گردید. تعداد دفعات دوشیدن در این گاوها دو بار در روز و در ساعات ۶ صبح و ۶ بعدازظهر انجام گرفت.

اندازه‌گیری مصرف خوراک، غلظت مواد مغذی، تولید و ترکیب شیر

در روزهای نمونه‌برداری، از خوراک تازه همان روز و باقی‌مانده خوراک روز قبل، ۵۰۰ گرم نمونه تهیه و در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. نمونه‌های خوراک و باقی‌مانده در طول چهار روز به‌ازای هر گاو با هم مخلوط و یک نمونه جهت آنالیز استفاده شد. اندازه‌گیری پروتئین خام با روش کجلدال، الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دیواره سلولی، NDF) و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (دیواره سلولی بدون همی‌سلولز، ADF) براساس روش ون سوست و همکاران (Van Soest *et al*., 1991) و نشاسته توسط روش رز و همکاران (Rose *et al*., 1991) و با استفاده از پرکلریک اسید و معرف آنترن اندازه‌گیری شد. در طول دوره نمونه‌برداری، رکورد روزانه تولید شیر گاوها ثبت و از هر وعده شیردوشی نمونه‌گیری شد و بعد از مخلوط کردن نمونه‌های هر وعده براساس میزان تولید و افزودن دی‌کرومات پتاسیم به آن‌ها جهت اندازه‌گیری ترکیب شیر (چربی، پروتئین، لاکتوز و مواد جامد شیر) به آزمایشگاه ارسال شد. اندازه‌گیری ترکیبات توسط دستگاه لاکتو اسکوپ (LactoScope™ FT-B Milk Analyzer) ساخت کشور آمریکا انجام شد. اندازه‌گیری نیتروژن اوره‌ای شیر به‌وسیله دستگاه میلو اسکن (FOSS Analytical, Hillerød, Denmark) ساخت کشور دانمارک انجام شد.

اندازه‌گیری فراسنجه‌های خونی

به‌منظور اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی خون، نمونه قبل از خوراک‌دهی صبحگاهی، دو، چهار و شش ساعت پس از مصرف خوراک، از ورید گردن با استفاده از سوزن ونوجکت و لوله‌های حاوی EDTA اخذ شد. نمونه‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه با دور ۵۰۰۰g سانتریفیوژ شده و سرم آن جهت آنالیز به میکروتیوپ منتقل و در فریزر با دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. مقادیر گلوکز، آلبومین، پروتئین کل و نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) با استفاده از کیت‌های شرکت پارس آزمون و دستگاه (BS-800M Modular System MINDRAY GLOBAL, China) اندازه‌گیری شدند.

اندازه‌گیری pH، نیتروژن آمونیاکی و پتانسیل ردوکس مایع شکمبه

برای تعیین pH مایع شکمبه، از دستگاه pHمتر مدل (Metrohm744, Switzerland) استفاده شد. اندازه‌گیری pH در زمان صفر تا یک ساعت پس از خوراک‌دهی هر ۱۰ دقیقه یک‌بار، از یک تا دو ساعت پس از خوراک‌دهی هر ۲۰ دقیقه یک‌بار، از دو تا چهار ساعت پس از خوراک‌دهی هر ۳۰ دقیقه یک‌بار و نیز در چهار تا شش ساعت پس از خوراک‌دهی انجام شد. همچنین، نمونه جهت تعیین نیتروژن آمونیاکی (۲/۵ سی‌سی مایع شکمبه و ۲/۵ سی‌سی اسید هیدروکلریک (HCL) ۰/۲ نرمال در هر تیوپ) در زمان‌های صفر، یک، دو، سه و چهار ساعت پس از خوراک‌دهی از مایع شکمبه گرفته شد. نیتروژن آمونیاکی با دستگاه اسپکتروفتومتری و براساس روش ویدربورن (Weatherburn, 1967) اندازه‌گیری شد. پتانسیل ردوکس مایع شکمبه در زمان‌های صفر و چهار ساعت پس از خوراک‌دهی و با استفاده از دستگاه OPR (PCE Instruments, Germany) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

اندازه‌گیری قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته در کل دستگاه گوارش با استفاده از نشانگر خاکستر نامحلول در اسید (AIA[1]) و براساس روش ون کولن و یانگ (Van Keulen and Young, 1977) انجام شد. به‌طور خلاصه، پنج گرم نمونه خوراک و مدفوع در کروسیبل ریخته شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد، بعد از خروج از کوره به درون بشر ریخته شده و ۱۰۰میلی لیتر اسید هیدروکلریک (HCL) دو نرمال به آن اضافه و روی هیتر و زیر هود حرارت داده شد. خاکستر نامحلول در اسید به‌دست آمده، با کاغذ واتمن شماره ۴۱ صاف شده و سپس با آب مقطر با دمای ۸۵ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد شسته و کاغذ صافی و محتویات روی آن به آون انتقال داده شد تا خشک شوند. بعد از خشک شدن مجدداً در داخل کروسیبل قرار گرفتند و به‌مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴۵۰ سانتی‌گراد در کوره الکتریکی خاکستریگیری شدند. پس از خروج کروسیبل‌ها از کوره ابتدا سرد و سپس وزن‌گیری شدند.

$$AIA\% = (Wf - We)/Ws \times 100$$ معادله (۱)

که در آن، Wf: وزن کروزه با خاکستر، We: وزن خالی کروزه و Ws: وزن نمونه خشک است.

1- Acid Insoluble Ash

تجزیه آماری

در این آزمایش، داده‌های به‌دست آمده در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی با رویه MIXED و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ویرایش ۹/۴ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. قبل از آنالیز داده‌ها، سنجش نیکویی برازش (AIC) انجام شد و بهترین مدل پیشنهادی برای تجزیه داده‌ها، بلوک کاملاً تصادفی بود. در نهایت، اثر گاوها به‌عنوان اثر متغیر (Random effect) حذف شد، زیرا خطای استاندارد باقی‌مانده (Residual standard error) کاهش پیدا می‌کرد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. تفاوت بین میانگین‌ها در سطح احتمال کمتر از پنج درصد به‌عنوان معنی‌دار گزارش شد. مدل ریاضی طرح آماری استفاده شده عبارت از $Yij=\mu + D_i + T_j + e_{ijk}$ بود که در آن، Y_{ijk}: متغیر وابسته، μ: اثر ثابت میانگین، D_i: اثر تیمار، T_i: اثر زمان (روز) و e_{ijk}: خطای آزمایش است.

نتایج و بحث

جدول ۲، میزان ماده خشک مصرفی (DMI[2])، میزان تولید شیر و ترکیبات آن را نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر، DMI تحت تأثیر انواع فرآوری دانه جو قرار نگرفت (P>۰/۰۵). صفایی و همکاران (Safaei *et al*., 2017) دانه جو پولکی شده با بخار با جرم‌های توده‌ای مختلف[3] (۳۹۰، ۳۴۰ و ۲۹۰ گرم بر لیتر) را در جیره گاوهای شیری استفاده کرده و گزارش کردند که دانه جو پولکی شده با انواع مختلف جرم توده‌ای هیچ تأثیر معنی‌داری بر مصرف ماده خشک ندارد، که آزمایش حاضر نتایج آن‌ها را تأیید می‌کند. هرچند که در این آزمایش علاوه‌بر پولکی کردن با بخار، پخت با مادون قرمز و همچنین عمل‌آوری شیمیایی نیز اتفاق افتاده است. افزایش نشاسته خوراک و بهبود قابلیت استفاده از آن موجب افزایش غلظت پروپیونات در مایع شکمبه و جریان آن به سمت کبد شده که افزایش فعالیت اکسیداتیو کبدی و تولید ATP را در پی دارد. این عوامل نقش مهمی در کاهش مصرف ماده خشک در چنین جیره‌هایی دارند (Albornoz and Allen, 2018). افزایش میزان پروتئین قابل تجزیه در شکمبه (RDP[4]) بر میزان مصرف ماده خشک اثرگذار است، زیرا که نیتروژن مورد نیاز برای تخمیر میکروبی را فراهم می‌کند (Shahri *et al*., 2019). یکی دیگر از دلایل عدم تفاوت مصرف ماده خشک احتمالاً مشابه بودن میزان انرژی و پروتئین جیره‌های مصرفی است. تولید شیر، تولید شیر تصحیح شده براساس انرژی و نیز شیر تولیدی تصحیح شده براساس چربی ۳/۵ درصد تفاوت معنی‌داری را در بین تیمارها نشان نداد (P<۰/۰۵). یکی از عوامل دیگر مؤثر بر تولید شیر، تولید پروپیونات در شکمبه است (Malekkhahi *et al*., 2021).

2- Dry matter intake
3- Bulk density
4- Rumen degradable protein

معادله (۲)

$$\text{قابلیت هضم مواد مغذی} = ۱۰۰ - ۱۰۰ \times \left(\frac{\text{نشانگر در خوراک (درصد)}}{\text{نشانگر در مدفوع (درصد)}} \right) \times \left(\frac{\text{مواد مغذی در مدفوع (درصد)}}{\text{موادمغذی در خوراک (درصد)}} \right)$$

جدول ۱- اجزاء و ترکیب مواد مغذی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تغذیه گاوهای شیری به‌صورت کاملاً مخلوط

Table 1- Ingredients and nutrient composition of experimental diets fed to dairy cows as TMR

اجزاء جیره (درصد ماده خشک) Ingredients (% DM)	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments		
	$SIFB_0$	$SIFB_{LaAp}$	$SIFB_{LaAB}$
سیلاژ ذرت Corn silage	27.4	27.4	27.4
علوفه یونجه Alfalfa hay	21.9	21.9	21.9
کاه گندم Wheat straw	3.0	3.3	3.3
دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی $SIFB_0$	14.6	-	-
دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک $SIFB_{LaAp}$	-	14.6	-
دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک $SIFB_{LaAb}$	-	-	14.6
دانه ذرت Corn grain	8.8	8.8	8.8
کنجاله سویا Soybean meal	11.6	11.6	11.6
تخم پنبه Cottonseed whole	6.4	6.4	6.4
دانه گندم Wheat grain	3.7	3.7	3.7
اوره Urea	0.3	-	-
اکسید منیزیوم Magnesium oxide	0.2	0.2	0.2
بی‌کربنات سدیم Sodium bicarbonate	0.9	0.9	0.9
دی کلسیم فسفات Dicalcium phosphate	0.4	0.4	0.4
ویتامین ایی و سلنیوم Vitamin E and selenium	0.4	0.4	0.4
پودر چربی Fat powder	0.4	0.4	0.4
ترکیب مواد مغذی (گرم در ۱۰۰۰ گرم ماده خشک) Nutrient content (g/100g DM)			
ماده خشک DM	501.2	519.7	509.4
پروتئین خام Crude protein	165.0	165.1	165.1
نشاسته Starch	240.5	240.6	240.6
الیاف نامحلول در شوینده خنثی (دیواره سلولی) NDF	303.0	302.7	302.9
الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (دیواره سلولی بدون همی‌سلولز) ADF	197.0	196.7	196.8
انرژی خالص شیردهی (مگاکالری بر کیلوگرم) NEL (Mcal/kg)	1.64	1.64	1.64

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

همچنین یکی از دلایل افزایش شیر تولیدی در تیمارهای مذکور احتمالاً افزایش RDP در آن‌هاست، زیرا کمبود RDP باعث کاهش تولید شیر می‌شود (Malekjahani *et al.*, 2017). فرآوری دانه جو با اسید لاکتیک یک درصد همراه با اعمال حرارت ۵۵ درجه سانتی‌گراد تأثیری بر تولید شیر نداشت (Gruber *et al.*, 2017) که نتایج این آزمایش، آن را تأیید می‌کند. درصد چربی شیر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P<۰/۰۵). درصد چربی شیر در دامنه ۳/۳۵ تا ۳/۴۹ درصد بود و گاوهای تیمار $SIFB_0$، کمترین درصد چربی شیر را داشتند و میزان درصد چربی شیر در آن‌ها نسبت به درصد چربی شیر گاوهای تیمارهای $SIFB_{LaAb}$ و $SIFB_{LaAp}$ به‌ترتیب افزایش ۴/۰۱ و ۳/۴۶ درصدی داشت (جدول ۲). کمترین درصد پروتئین شیر در تیمار $SIFB_0$ با ۳/۲۶ درصد مشاهده شد، در مقابل بیشترین درصد پروتئین شیر با ۳/۳۵ درصد در تیمار $SIFB_{LaAb}$ مشاهده گردید. همچنین فرآوری دانه جو با اسید لاکتیک و عصاره ریشه چوبک ($SIFB_{LaAp}$)، درصد پروتئین شیر را نسبت به تیمار $SIFB_0$ ۱/۲۳ درصد، افزایش داد (۳/۳۰ در مقابل ۳/۲۶ درصد). برطبق نتایج به‌دست آمده، بیشترین درصد لاکتوز شیر در تیمار $SIFB_{LaAb}$ مشاهده شد (۴/۳۷ درصد). بیشترین غلظت نیتروژن اوره‌ای شیر (MUN) با ۱۵/۴۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در تیمار $SIFB_{LaAb}$ مشاهده شد. کمترین غلظت MUN با ۱۳/۴۵ میلی‌گرم در دسی‌لیتر در تیمار $SIFB_0$ مشاهده شد. تولید چربی، پروتئین و لاکتوز شیر تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت. اقبال و همکاران (Iqbal *et al.*, 2012)، افزایش درصد چربی شیر را در طی عمل‌آوری با اسید لاکتیک گزارش کردند که نتایج آزمایش حاضر، نتایج آن‌ها را تأیید می‌کند. عمل‌آوری با اسید لاکتیک منجر به افزایش زمان تجزیه‌پذیری شکمبه‌ای می‌شود و همچنین میزان نشاسته قابل دسترس در روده را که در ساخت چربی شیر مؤثر است، برای جذب افزایش داده است (Iqbal *et al.*, 2009). زبلی و همکاران (Zebeli *et al.*, 2008) بیان داشتند که درصد چربی شیر به‌عنوان یک شاخص برای نشان دادن سلامت شکمبه به‌کار می‌رود و افزایش آن نشان‌دهنده مناسب بودن شرایط محیطی شکمبه است. فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی همراه با عمل‌آوری شیمیایی احتمالاً بر ماتریکس پروتئینی پیرامون گرانول‌های نشاسته دانه جو اثر گذاشته و میزان دسترسی ریزجانداران شکمبه به نشاسته را افزایش داده و سبب افزایش تجزیه‌پذیری آن می‌گردد که به تبع آن، بر درصد چربی شیر تأثیر می‌گذارد. استات به‌عنوان اسید چرب فرار شکمبه‌ای، همبستگی مثبت با تولید چربی شیر دارد که افزایش غلظت آن در مایع شکمبه به هنگام عمل‌آوری دانه جو با اسید لاکتیک مشاهده شده است (Iqbal *et al.*, 2012). به‌طور کلی، تفاوت در درصد چربی شیر نشان‌دهنده تفاوت الگوهای تخمیری در شکمبه است (Shen *et al.*, 2012). مطالعات گذشته نشان داده‌اند که درصد پروتئین شیر با افزایش مقدار کربوهیدرات‌های قابل تخمیر افزایش پیدا می‌کند (Zhong *et al.*, 2008). در آزمایش حاضر، قابلیت هضم نشاسته و پروتئین در تیمار $SIFB_{LaAb}$ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود (P<۰/۰۵) و این یکی از دلایل افزایش درصد پروتئین در شیر گاوهای مصرف‌کننده آن‌ها است که احتمالاً جریان نیتروژن میکروبی به دئودنوم را افزایش داده است. به‌دلیل تغییر محل نشاسته از شکمبه به روده باریک در اثر عمل‌آوری شیمیایی با اسید لاکتیک، جذب گلوکز در روده باریک افزایش یافته و استفاده از اسیدهای آمینه برای ساخت گلوکز در کبد و روده کاهش می‌یابد و بدین ترتیب، اسید آمینه بیشتری در پستان فراهم شده و در نتیجه، پروتئین شیر افزایش می‌یابد (Piccioli-Cappelli *et al.*, 2014; Nocek and Tamminga, 1991). احتمالاً استفاده از بی‌کربنات آمونیوم، سطح RDP را افزایش داده که موجب افزایش تولید پروتئین میکروبی و به دنبال آن ایجاد ترکیبی مناسب از اسیدهای آمینه برای ساخت پروتئین شیر می‌شود. افزایش RDP، فراهمی اسیدهای آمینه لیزین و میتونین را برای حیوان بهبود می‌دهد و به دنبال آن درصد پروتئین شیر افزایش می‌یابد (Brzóska, 2005). احتمالاً یکی از دلایل افزایش درصد لاکتوز شیر در تیمار $SIFB_{LaAb}$، افزایش هضم‌پذیری نشاسته در آن‌هاست که موجب افزایش جذب گلوکز در روده حیوان می‌شود. گلوکز به‌عنوان پیش‌ساز لاکتوز شیر عمل می‌کند. افزایش سطح RDP در شکمبه به‌دلیل عمل‌آوری شیمیایی، احتمالاً دلیل افزایش غلظت نیتروژن اوره‌ای شیر در تیمارهای $SIFB_{LaAb}$ و $SIFB_{LaAp}$ نسبت به تیمار $SIFB_0$ است. همچنین یکی از دلایلی که می‌توان تفاوت غلظت MUN را به آن نسبت داد، تفاوت در غلظت نیتروژن اوره‌ای خون (BUN) در بین تیمارهاست. همبستگی مثبتی بین MUN و BUN وجود دارد (Kohn *et al.*, 2005). غلظت MUN همزمانی انرژی و پروتئین در شکمبه را نشان می‌دهد. مازاد پروتئین در شکمبه به آمونیاک تبدیل می‌شود (در اثر دآمیناسیون اسیدهای آمینه) که موجب جذب آن توسط سیاهرگ باب کبدی شده و به کبد منتقل و در آن‌جا به اوره تبدیل می‌گردد و منبعی برای BUN و MUN می‌شود (Røjen and Kristensen, 2012).

متوسط غلظت سرمی گلوکز، آلبومین، BUN و پروتئین کل در ساعت‌های قبل از خوراک‌دهی صبحگاهی، دو، چهار و شش ساعت پس از آن در جدول ۳ آمده است. غلظت گلوکز در قبل از خوراک‌دهی صبحگاهی و تمامی ساعت‌های نمونه‌گیری پس از آن تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (P>۰/۰۵). غلظت BUN جز در زمان قبل از خوراک‌دهی، در ساعت‌های دو، چهار و شش ساعت بعد از مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (P<۰/۰۵).

جدول ۲- تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر ماده خشک مصرفی، تولید و ترکیب شیر

Table 2- The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows diets on DMI, milk yield, and milk composition

فراسنجه Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value		
	$SFIB_0$	$SIFB_{LaAp}$	$SIFB_{LaAb}$		تیمار Treatment	زمان Time	تیمار×زمان Treatment×time
ماده خشک مصرفی (کیلوگرم در روز) DMI (kg/day)	22.93	23.06	22.87	1.22	0.800	0.988	0.996
تولید شیر (کیلوگرم در روز) Milk yield (kg/day)	20.78	21.65	21.97	1.29	0.816	0.973	0.994
شیر تصحیح شده براساس انرژی (کیلوگرم در روز) Energy corrected milk (kg/day)	20.88	21.86	22.87	1.02	0.414	0.996	0.992
شیر تصحیح شده براساس چربی ۳/۵ درصد (کیلوگرم در روز) Fat 3.5% corrected milk (kg/day)	20.26	21.54	21.90	1.79	0.797	0.987	0.998
چربی شیر (درصد) Milk fat (%)	3.35[b]	3.47[a]	3.49[a]	0.019	<0.0001	0.630	0.408
پروتئین شیر (درصد) Milk protein (%)	3.26[c]	3.30[b]	3.35[a]	0.008	<0.0001	0.639	0.675
لاکتوز شیر (درصد) Milk lactose (%)	4.29[b]	4.28[b]	4.37[a]	0.021	0.002	0.248	0.822
مواد جامد شیر (درصد) Milk total solid (%)	11.03[c]	11.25[b]	11.38[a]	0.026	<0.0001	0.433	0.530
نیتروژن اوره‌ای شیر (میلی گرم/ دسی‌لیتر) Milk urea nitrogen (mg/dl)	13.45[c]	14.38[b]	15.45[a]	0.266	0.001	0.986	0.579
چربی شیر (کیلوگرم در روز) Milk fat (%)	0.696	0.751	0.765	0.0617	0.710	0.997	0.994
پروتئین شیر (کیلوگرم در روز) Milk protein (%)	0.677	0.714	0.736	0.0597	0.994	0.785	0.996
لاکتوز شیر (کیلوگرم در روز) Milk lactose (%)	0.879	0.928	0.960	0.0789	0.769	0.943	0.999

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵)

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشی مادون قرمز- پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- تشعشی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- تشعشی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

شیر تصحیح شده براساس انرژی (کیلوگرم در روز) = (تولید شیر (کیلوگرم) × ۰/۳۲۴۶) + (چربی شیر (کیلوگرم) × ۱۲/۹۶) + (پروتئین شیر (کیلوگرم) × ۷/۰۴)، براساس ارس(Orth, 1992)

شیر تصحیح شده براساس چربی ۳/۵ درصد (کیلوگرم در روز)= (۰/۴۳۲ × میانگین تولید شیر (کیلوگرم)) + (۱۶/۲۱۶ × چربی شیر (کیلوگرم))، براساس اردمن (Erdman, 2011)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

ECM yield = (kg of milk × 0.3246) + (kg of milk fat × 12.96) + (kg of milk protein × 7.04), as described by Orth (1992).

3.5% FCM yield = (0.432 × kg of average milk yield) + (16.216 × kg of fat); Erdman (2011)

تیمار $SIFB_{LaAp}$ در دو ساعت پس از خوراک‌دهی با ۱۹/۳۳ میلی‌گرم در دسی‌لیتر، بیشترین غلظت را در بین تیمارها داشت و نسبت به تیمار $SIFB_0$ تفاوت معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). چهار ساعت پس از مصرف خوراک، تیمارهای $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAb}$ به‌ترتیب کمترین و بیشترین غلظت BUN را داشتند (به‌ترتیب ۱۸/۶۷ و ۲۲/۱۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر). غلظت BUN در شش ساعت پس از مصرف خوراک در تیمار $SIFB_{LaAb}$ به‌ترتیب ۲۳/۴۲ و ۱۳/۰۵ درصد نسبت به تیمارهای $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAp}$ بیشتر بود (P<۰/۰۵). همچنین، اختلاف غلظت BUN بین تیمارهای $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAp}$ معنی‌دار (P>۰/۰۵) بود (۲۱/۴۷ در مقابل ۲۳/۴۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر، به‌ترتیب برای $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAp}$). غلظت آلبومین سرم به‌جز در قبل از خوراک‌دهی که برای تیمار $SIFB_{LaAp}$ (۳/۹۵ گرم بر دسی‌لیتر) کمترین مقدار بود و با $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAb}$ تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵)، در بقیه ساعت‌ها تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. غلظت پروتئین کل سرم تنها در شش ساعت پس از مصرف خوراک تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت (P<۰/۰۵) و تیمارهای $SIFB_{LaAb}$ و $SIFB_0$ بیشترین و کمترین غلظت را داشتند (به‌ترتیب ۷/۷۷ و ۷/۱۴ گرم بر دسی‌لیتر). در مطالعه حاضر، شاید یکی از دلایل عدم تفاوت بین غلظت سرمی گلوکز، مشابه بودن مصرف ماده خشک در بین تیمارها است. مطالعات گذشته نشان داد که استفاده از جو پولکی شده همراه با کنجاله سویا عمل‌آوری شده با زایلاناز غلظت BUN را در گاوهای مصرف‌کننده آن‌ها افزایش داد (Shahri *et al.*, 2019). افزایش سطح BUN در جوهای عمل‌آوری شیمیایی شده احتمالاً به دلیل افزایش سطح RDP و نیتروژن آمونیاکی در شکمبه است. مطالعه حاضر، نتایج واناپات و همکاران (Wanapat *et al.*, 2008) را که بیان کردند، سطح BUN با غلظت نیتروژن آمونیاکی ارتباط مستقیم دارد، تأیید می‌نماید. آلبومین به‌عنوان پروتئین التهابی فاز حاد منفی شناخته می‌شود که به‌هنگام التهاب، مقدار آن کاهش می‌یابد (Bertoni *et al.*, 2008). احتمالاً یکی از دلایل تفاوت غلظت آلبومین در ساعت قبل از خوراک‌دهی، شرایط دام در لحظه نمونه‌برداری باشد. تفاوت در غلظت پروتئین کل سرم در شش ساعت پس از خوراک‌دهی احتمالاً با غلظت BUN و قابلیت هضم پروتئین در کل دستگاه گوارش مرتبط است، زیرا که در تیمار $SIFB_{LaAb}$، بیشترین قابلیت هضم پروتئین مشاهده شد و این احتمالاً علت افزایش غلظت پروتئین تام در این تیمار باشد (به‌دلیل افزایش تأمین پروتئین متابولیسمی برای حیوان).

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، پروتئین خام و نشاسته در جدول ۴ آمده است. براساس نتایج به‌دست آمده تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری (P<۰/۰۵) بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی داشتند. بیشترین قابلیت هضم ظاهری ماده خشک مربوط به تیمار $SIFB_{LaAp}$ با ۶۳/۰۲ درصد بود. عمل‌آوری‌های شیمیایی دانه‌های جو، قابلیت هضم ظاهری ماده خشک را در تیمارهای $SIFB_{LaAp}$ و $SIFB_{LaAb}$ نسبت به تیمار بدون عمل‌آوری شیمیایی ($SIFB_0$) به‌ترتیب ۴/۹۰ و ۲/۹۹ درصد افزایش داد. قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در دامنه ۶۳/۸۷ تا ۶۷/۶۷ درصد بود و بیشترین و کمترین مقادیر آن به‌ترتیب در تیمارهای $SIFB_{LaAb}$ (۶۷/۶۷ درصد) و $SIFB_0$ (۶۳/۸۷ درصد) مشاهده شد. متوسط قابلیت هضم ظاهری نشاسته در این مطالعه ۷۹/۰۵ درصد بود و بیشترین مقدار آن با ۸۰/۱۳ درصد در تیمار $SIFB_{LaAb}$ مشاهده شد. در مطالعه حاضر، عمل‌آوری شیمیایی با عصاره ریشه چوبک همراه با اسید لاکتیک منجر به افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک شد. گیاه چوبک از گذشته به‌عنوان یک شوینده شناخته شده و منبع غنی از ساپونین است و از آن به‌عنوان یک سورفاکتانت (کاهش کشش سطحی و لیزکنندگی) استفاده می‌شود (Khosrow Shahi *et al.*, 2021). این خاصیت شویندگی احتمالاً با افزایش شسته شدن الیاف خوراک منجر به افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک شده است. استفاده از سورفاکتانت‌ها با تغییر کشش سطحی مایع شکمبه بر رشد و فعالیت (تحریک تولید آنزیم‌های گوارشی) باکتری‌های شکمبه تأثیر می‌گذارند (Tang *et al.*, 2021) که این امر می‌تواند توجیه مناسبی برای افزایش قابلیت هضم ظاهری ماده خشک در اثر عمل‌آوری با عصاره ریشه چوبک باشد. عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با اسید لاکتیک و حرارت باعث افزایش تجزیه‌پذیری ترکیبات همی‌سلولزی شده و غلظت دیواره سلولی (NDF) را کاهش می‌دهد که می‌تواند بر هضم‌پذیری مواد مغذی اثرگذار باشد (Harder *et al.*, 2015). هیرستو و همکاران (Hristov *et al.*, 2007) بیان کردند که عمل‌آوری دانه ذرت با ساپونین و پولکی کردن آن با بخار منجر به افزایش ۱۷/۲ و ۶/۷ درصدی تجزیه‌پذیری مؤثر ماده خشک و نشاسته نسبت به دانه‌های خام پولکی شد. بی‌کربنات آمونیوم (NH_4HCO_3) یک ترکیب آمونیاک‌دار است، بیان شده است که عمل‌آوری دانه جو با ترکیبات آمونیاکی موجب افزایش محتویات نیتروژن و قابلیت هضم مواد مغذی در گاوهای شیری و گوشتی شده است (Belanche *et al.*, 2021)، که نتایج ما، آن را تأیید می‌کند. قابلیت هضم ظاهری پروتئین خام در تیمار $SIFB_{LaAb}$ نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود و این احتمالاً به‌دلیل افزایش سطح RDP است، زیرا منبع نیتروژن برای ساخت پروتئین میکروبی فراهم شده است. عمل‌آوری شیمیایی با ترکیبات گیاهی و مواد آلکالینی موجب افزایش هضم‌پذیری و تغییر محل هضم نشاسته از شکمبه به روده باریک می‌شود (Naseroleslami *et al.*, 2018).

جدول ۳- تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر غلظت متابولیت‌های خون در زمان‌های قبل خوراک‌دهی، دو، چهار و شش ساعت پس از خوراک‌دهی

Table 3- The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows diets on Concentration of blood metabolites at the before and 2, 4 and 6 h after feeding

فراسنجه Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value
	$SFIB_0$	$SIFB_{LaAp}$	$SIFB_{LaAb}$		
قبل از خوراک‌دهی صبحگاهی Before the morning feeding					
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)	55.60	56.03	55.36	1.90	0.969
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dl)	17.69	18.71	18.01	0.558	0.272
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر) Albumin (g/dl)	4.14^a	3.95^b	4.26^a	0.063	0.031
پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total proteins (g/dl)	6.65	6.86	6.83	0.139	0.558
دو ساعت بعد از خوراک‌دهی صبحگاهی After the morning feeding, 2 h					
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)	55.77	56.28	56.19	1.89	0.980
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dl)	17.68^b	19.33^a	19.12^a	0.428	0.047
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر) Albumin (g/dl)	4.18	4.13	4.24	0.060	0.190
پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total proteins (g/dl)	6.79	7.00	6.84	0.125	0.360
چهار ساعت پس از خوراک‌دهی صبحگاهی After the morning feeding, 4 h					
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)	58.16	59.29	58.17	1.78	0.878
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dl)	18.67^c	20.66^b	22.16^a	0.616	0.02
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر) Albumin (g/dl)	4.24	4.11	4.16	0.085	0.582
پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total proteins (g/dl)	6.97	7.27	7.12	0.162	0.547
شش ساعت پس از خوراک‌دهی صبحگاهی After the morning feeding, 6 h					
گلوکز (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Glucose (mg/dl)	59.08	60.03	59.36	2.18	0.952
نیتروژن اوره‌ای خون (میلی‌گرم بر دسی‌لیتر) Blood urea nitrogen (mg/dl)	21.47^c	23.44^b	26.50^a	0.533	0.001
آلبومین (گرم بر دسی‌لیتر) Albumin (g/dl)	4.21	4.22	4.03	0.077	0.219
پروتئین کل (گرم بر دسی‌لیتر) Total proteins (g/dl)	7.14^c	7.47^b	7.77^a	0.138	0.049

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵)

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05)
Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

استفاده از بی‌کربنات آمونیوم احتمالاً با تأمین نیتروژن کافی برای ریزجانداران شکمبه و متعادل کردن pH شکمبه‌ای نقش مهمی در ایجاد کلونی میکروبی روی ذرات نشاسته و افزایش هضم‌پذیری آن دارد. اسید لاکتیک موجب کاهش بخش سریع تجزیه نشاسته و افزایش بخش کند تجزیه آن در شکمبه می‌شود (Deckardt *et al.*, 2014). این از آن جهت مهم است که اولاً با ممانعت از کاهش شدید pH در شکمبه از تأثیرات نامطلوب آن در حیوان جلوگیری کرده و دوماً محیط مطلوب و فرصت کافی برای تجزیه نشاسته در شکمبه را فراهم می‌آورد علاوه‌بر آن، ورود و جذب نشاسته به روده باریک را افزایش می‌دهد که می‌تواند هضم‌پذیری نشاسته در کل دستگاه گوارش را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ٤- تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

Table 4- The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows diets on nutrient apparent digestibility

فراسنجه Parameters	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments			میانگین خطای استاندارد SEM	سطح معنی‌داری P-value		
	$SFIB_0$	$SIFB_{LaAp}$	$SIFB_{LaAb}$		تیمار Treatment	زمان Time	تیمار × زمان Treatment × time
ماده خشک (درصد) DMI (%)	60.08^b	63.02^a	61.88^{ab}	0.689	0.033	0.615	0.658
پروتئین خام (درصد) Crude protein (%)	63.87^c	65.08^b	67.67^a	0.571	0.01	0.002	0.922
نشاسته (درصد) Starch (%)	77.58b	79.45^a	80.13^a	0.876	0.05	0.578	0.426

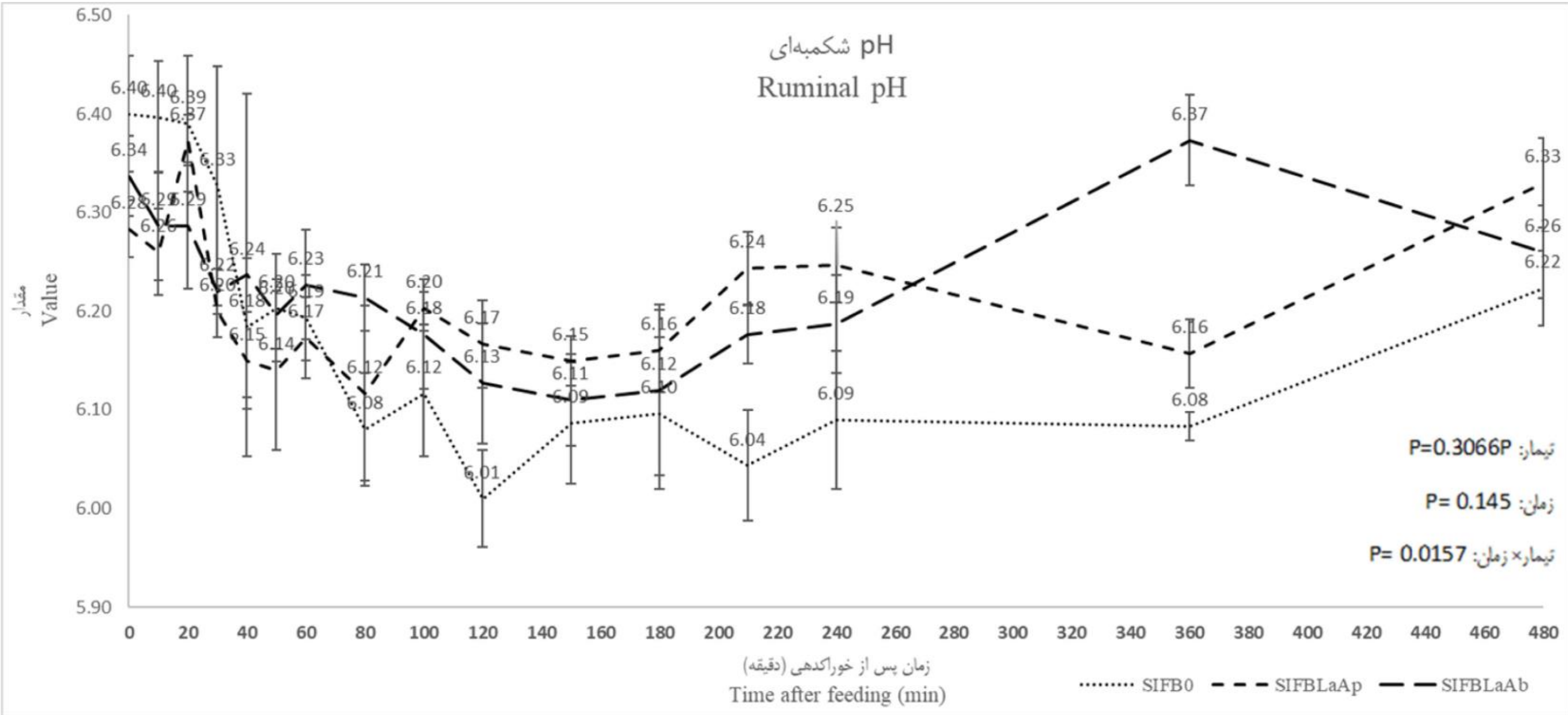
میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ردیف دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند (P<۰/۰۵)

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Means with different superscript letters in each row indicate significant different (P<0.05)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

شکل ۱، روند تغییرات pH شکمبه‌ای را در ساعات مختلف پس از خوراک‌دهی را نشان می‌دهد. تیمارهای آزمایشی و زمان‌های اندازه‌گیری به‌طور کلی، تأثیر معنی‌داری بر روند تغییرات pH شکمبه‌ای نداشتند. امّا اثر متقابل تیمار آزمایشی در زمان معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). در زمان‌های ۱۲۰، ۲۱۰ و ۳۶۰ دقیقه پس از مصرف خوراک، pH شکمبه بین تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). تیمار $SIFB_0$ کمترین pH را با ۶/۰۱، ۶/۰۴ و ۶/۰۸ در دقایق ۱۲۰، ۲۱۰ و ۳۶۰ و تیمار $SIFB_{LaAb}$ بیشترین pH را با ۶/۱۷، ۶/۲۴ و ۶/۳۷ در دقایق مذکور به خود اختصاص داده بود. روند تغییرات غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه در طول زمان چهار ساعت پس از خوراک‌دهی در شکل ۲ نشان داده شده است. اثر تیمارهای آزمایشی، زمان نمونه‌گیری و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت نیتروژن آمونیاکی معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). بیشترین غلظت نیتروژن آمونیاکی در یک ساعت پس خوراک‌دهی مربوط به تیمار $SIFB_{LaAb}$ با ۱۱/۹۶ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر بود و کمترین غلظت با ۹/۱۳ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر به تیمار $SIFB_0$ اختصاص داشت. دامنه غلظت نیتروژن آمونیاکی در دو ساعت پس از خوراک‌دهی بین ۹/۹۶ تا ۱۶/۳۴ میلی‌گرم بر دسی‌لیتر بود که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب در تیمارهای $SIFB_{LaAb}$ و $SIFB_0$ مشاهده شد. در زمان‌های ۳ و ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی، غلظت نیتروژن آمونیاکی در تیمار $SIFB_{LaAb}$ نسبت به تیمار $SIFB_0$ به‌ترتیب ۴۱/۸۵ و ۳۶/۲۳ درصد و نیز نسبت به تیمار $SIFB_{LaAp}$ به‌ترتیب ۳۴/۷۹ و ۳۵/۱۵ درصد، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (P<۰/۰۵). تفاوت غلظت نیتروژن آمونیاکی در زمان‌های ۳ و ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی بین تیمارهای $SIFB_0$ و $SIFB_{LaAp}$ معنی‌دار نبود. پتانسیل ردوکس شکمبه‌ای در زمان‌های صفر و ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (شکل۳). میانگین پتانسیل ردوکس شکمبه‌ای در زمان ۴ ساعت پس از خوراک‌دهی نسبت به زمان صفر افزایش یافت (۲۵۶/۷- به ۲۴۷/۷- میلی ولت)، امّا معنی‌دار نبود.

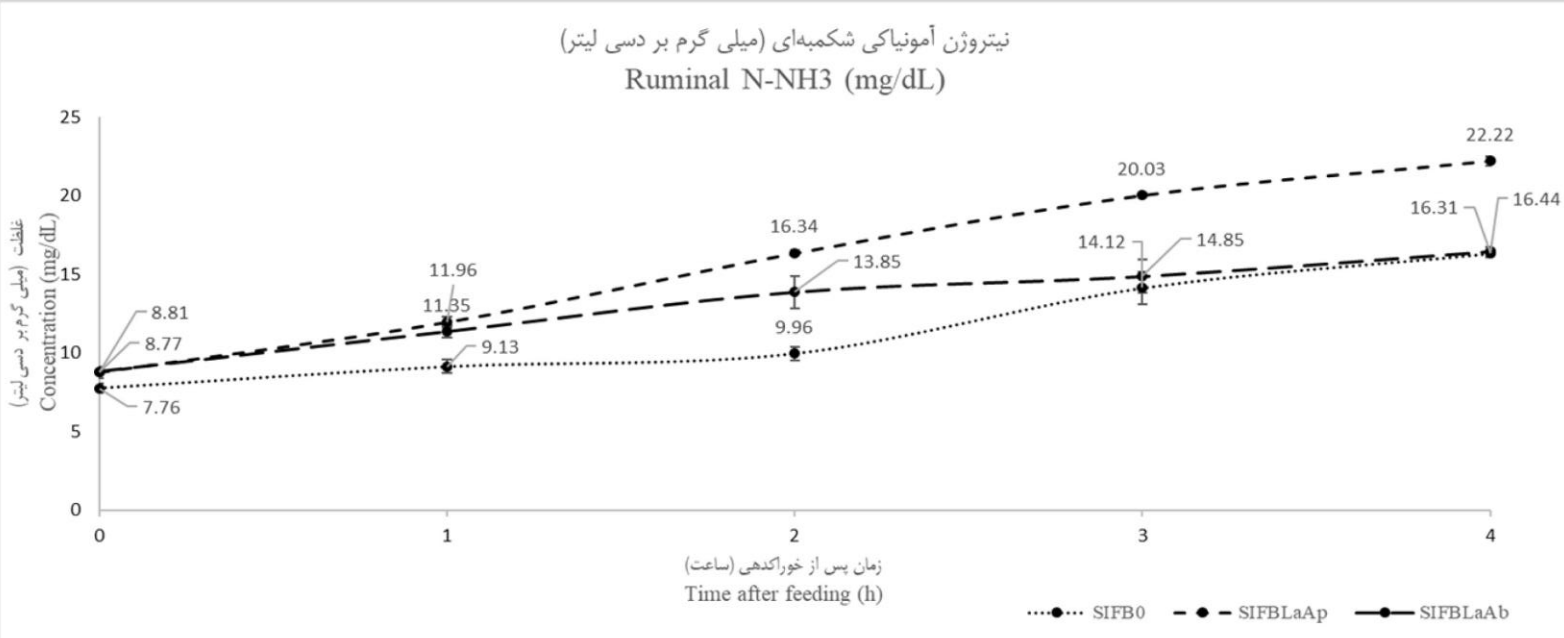


شکل ۱– تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر تغییرات دقیقه ایی pH شکمبه

Figure 1- The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows' diets on minute variation of ruminal pH

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

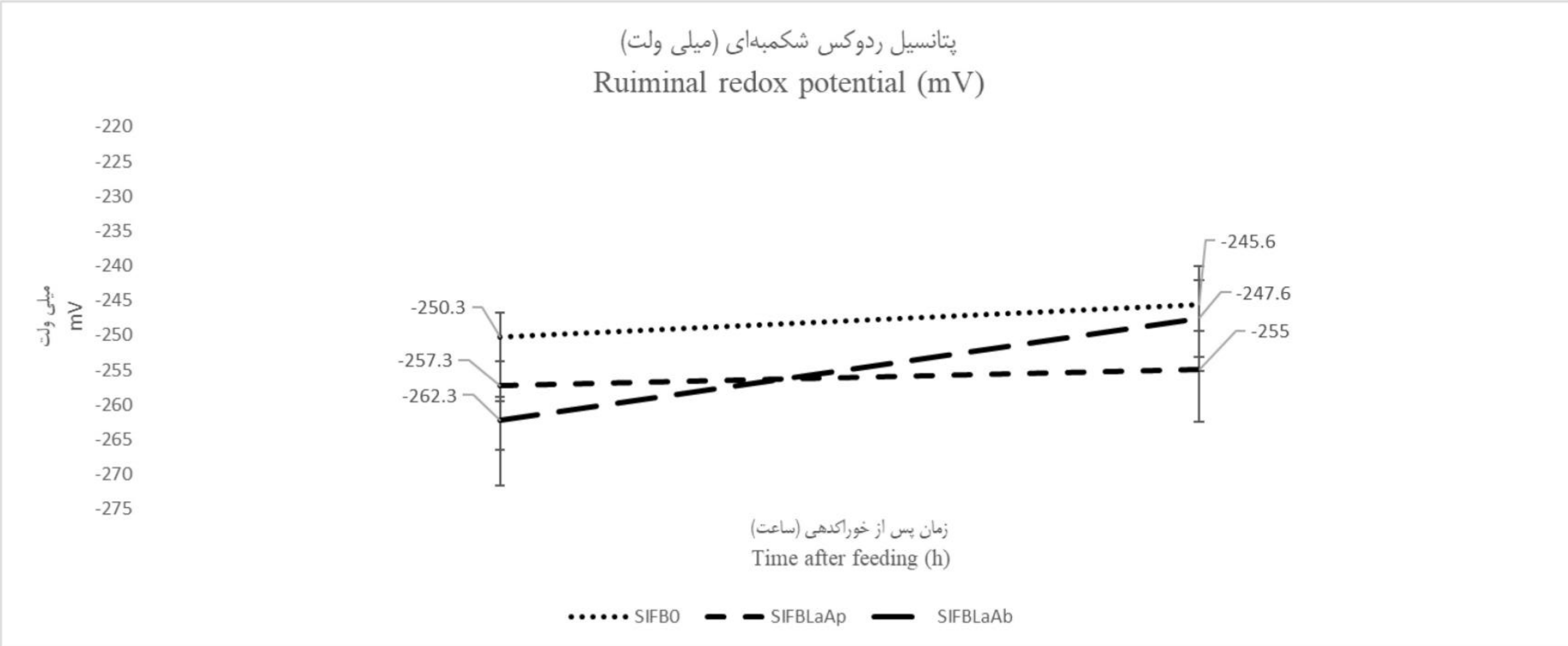


شکل ۲– تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر تغییرات ساعتی نیتروژن آمونیاکی شکمبه

Figure 2- The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows diets on hourly variation of ruminal $N\text{-}NH_3$

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز– تشعشعی مادون قرمز– پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).



شکل۳- تأثیر انواع دانه جو عمل‌آوری شیمیایی شده همراه با فرآوری فیزیکی بخارپز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی در جیره گاوهای شیری فیستولا شده بر تغییرات پتانسیل ردوکس شکمبه

Figure3-The effect of various chemically processed barley grain accompany through steam-infrared-flaked in rumen-fistulated Holstein dairy cows diets on variation of redox potential

تیمارهای آزمایشی شامل: ۱) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی بدون هیچ عمل‌آوری شیمیایی (شاهد، $SIFB_0$)، ۲) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با عصاره ریشه گیاه چوبک و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAp}$) و ۳) دانه جو بخار پز- تشعشعی مادون قرمز- پولکی عمل‌آوری شده با بی‌کربنات آمونیوم و اسید لاکتیک ($SIFB_{LaAb}$)

Experimental treatments were: 1) steam- infrared-flaked of barley grain ($SIFB_0$), 2) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with extract of *Acanthophyllum* and lactic acid ($SIFB_{LaAp}$), 3) Steam- infrared-flaked of barley grain treated with ammonium bicarbonate and lactic acid ($SIFB_{LaAb}$).

در ارتباط با عمل‌آوری شیمیایی با اسید لاکتیک و تأثیر آن بر pH شکمبه‌ای، بیان شده است که مقدار آن با غلظت اسیدهای چرب فرار شکمبه‌ای ارتباط معکوس دارد (Iqbal *et al.*, 2012). بیان شده است که یکی از دلایل تغییر pH شکمبه‌ای، تغییر در غلظت مواد مغذی است که این امر می‌تواند بر pH شکمبه‌ای اثر بگذارد (Humer *et al.*, 2015). تغییر در فعالیت ریزجانداران شکمبه از دیگر عوامل تغییر pH به هنگام فرآوری با اسید لاکتیک است، چرا که باعث افزایش مدت زمان تأخیر (Lag time) فعالیت ریزجانداران شده که این امر بر فرآیند تجزیه‌پذیری مواد مغذی به‌ویژه نشاسته تأثیر گذاشته و می‌تواند از افت ناگهانی pH جلوگیری کند (Deckardt *et al.*, 2014). یک احتمال دیگر برای افزایش pH در زمان عمل‌آوری با اسید لاکتیک، افزایش فعالیت باکتری‌های مصرف‌کننده لاکتات و کاهش غلظت آن در مایع شکمبه است (Mao *et al.*, 2008). ناصرالاسلامی و همکاران (Naseroleslami *et al.*, 2022) بیان کردند که عمل‌آوری شیمیایی دانه جو با ترکیبات گیاهی و مواد آلکالینی، غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه را نسبت به دانه‌های جو خام افزایش می‌دهد، که نتایج این پژوهش، آن را تأیید می‌کند. آن‌ها کاهش تجزیه‌پذیری نشاسته در شکمبه و عدم تأمین انرژی کافی برای ریزجانداران برای جذب آمونیاک را، علت تفاوت غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه بیان کردند. عمل‌آوری شیمیایی دانه ذرت با آمونیاک هیچ تأثیری بر غلظت نیتروژن آمونیاکی در شکمبه نداشت، که نتایج آزمایش حاضر، آن را تأیید نمی‌کند (Huang *et al.*, 2022). عمل‌آوری با بی‌کربنات آمونیوم احتمالاً نیتروژن را برای ریزجانداران شکمبه فراهم کرده و در نتیجه، غلظت نیتروژن آمونیاکی افزایش پیدا می‌کند.

پتانسیل ردوکس مایع شکمبه در ناحیه بین ۵۰- تا ۴۴۰- گزارش شده است (Friedman *et al.*, 2017). مقادیر منفی پتانسیل ردوکس، منعکس‌کننده عدم وجود اکسیژن و قدرت کاهندگی قوی محیط اکسیژن است (Huang *et al.*, 2022). پتانسیل ردوکس مایع شکمبه در کنترل فعالیت‌های آنزیمی ریزجانداران شکمبه نقش دارد (Dijkstra *et al.*, 2020). بر طبق گزارش تورس تینسون و همکاران (Thorsteinsson *et al.*, 2023) و نیز ریت من و همکاران (Rietmann *et al.*, 2023) بین pH شکمبه و مقدار پتانسیل ردوکس شکمبه همبستگی منفی وجود دارد.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش، از عصاره ریشه چوبک (غنی از ساپونین) و بی‌کربنات آمونیوم همراه با اسید لاکتیک استفاده شد. به‌دنبال عمل‌آوری شیمیایی، فرآوری فیزیکی با روش بخارپز- امواج مادون قرمز- پولکی انجام شد. نتایج نشان داد که مصرف ماده خشک، تولید شیر، شیر تصحیح شده براساس انرژی و نیز تصحیح شده براساس ۳/۵ درصد چربی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند. عمل‌آوری‌های شیمیایی سبب افزایش درصد چربی، پروتئین، مواد جامد و نیتروژن اوره‌ای شیر شد. نیتروژن اوره‌ای خون و پروتئین کل سرم در ساعت‌های متفاوت پس از خوراک‌دهی تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. قابلیت هضم ظاهری ماده خشک، نشاسته و پروتئین در نتیجه عمل‌آوری شیمیایی دانه جو افزایش پیدا کرد. غلظت نیتروژن آمونیاکی شکمبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی و زمان پس از مصرف خوراک قرار گرفت، از سویی دیگر، pH و پتانسیل ردوکس مایع شکمبه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. انجام همزمان هر دو نوع فرآوری روی دانه جو به‌عنوان یک روش جدید باعث بهبود ترکیب شیر و قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در گاوهای مصرف‌کننده این نوع از دانه‌ها شود.

References

1. Albornoz, R. I., & Allen, M. S. (2018). Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *Journal of Dairy Science*, *101*(10), 8902-8915 . https://doi.org/10.3168/jds.2018-14843
2. Belanche, A., Martín-García, I., Jiménez, E., Jonsson, N. N., & Yañez-Ruiz, D. R. (2021). A novel ammoniation treatment of barley as a strategy to optimize rumen pH, feed degradability and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(13), 5541-5549. https://doi.org/10.1002/jsfa.11205
3. Bertoni, G., Trevisi, E., Han, X., & Bionaz, M. (2008). Effects of inflammatory conditions on liver activity in puerperium period and consequences for performance in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *91*(9), 3300-3310 . https://doi.org/10.3168/jds.2008-0995
4. Brzóska, F. (2005). Effect of soybean meal protected with Ca salts of fatty acids on cows' yield, protein and fat components in milk and blood. *Annals of Animal Science*, *5*, 111-123.
5. Chen, X., Shao, S., Chen, M., Hou, C., Yu, X., & Xiong, F. (2020). Morphology and physicochemical properties of starch from waxy and non-waxy barley. *Starch‐Stärke*, *72*(5-6), 1900206. https://doi.org/10.1002/star.201900206
6. Dabestani, M., Yeganehzad, S., & Miller, R. (2021). A natural source of saponin: Comprehensive study on

interfacial properties of Chubak (*Acanthophyllum Glandulosum*) root extract and related saponins. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *630*, 127594 . https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.127594
7. Deckardt, K., Khiaosa-ard, R., Grausgruber, H., & Zebeli, Q. (2014). Evaluation of various chemical and thermal feed processing methods for their potential to enhance resistant starch content in barley grain. *Starch‐Stärke*, *66*(5-6), 558-565. https://doi.org/10.1002/star.201300200
8. Dehghan-Banadaky, M., Corbett, R., & Oba, M. (2007). Effects of barley grain processing on productivity of cattle. *Animal Feed Science and Technology*, *137*(1-2), 1-24 .https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.11.021
9. Dijkstra, J., Van Gastelen, S., Dieho, K., Nichols, K., & Bannink, A. (2020). Rumen sensors: Data and interpretation for key rumen metabolic processes. *Animal*, *14*(S1), s176-s186 . https://doi.org/10.1017/s1751731119003112
10. Erdman, R. A. 2011. Monitoring feed efficiency in dairy cows using fat-corrected milk per unit dry matter intake. Pages 69–79 in Proc. Mid-Atlantic Nutrition Conference, University of Maryland, Col lege Park. Mid-Atlantic Feed Industry Council.
11. Ebrahimi, S. H. (2020). Feeding complete concentrate pellets containing ground grains or blend of steam-flaked grains and other concentrate ingredients in ruminant nutrition–A review. *Annals of Animal Science*, *20*(1), 11-28 . https://doi.org/10.2478/aoas-2019-0055
12. Friedman, N., Shriker, E., Gold, B., Durman, T., Zarecki, R., Ruppin, E., & Mizrahi, I. (2017). Diet‐induced changes of redox potential underlie compositional shifts in the rumen archaeal community. *Environmental Microbiology*, *19*(1), 174-184. https://doi.org/10.1111/1462-2920.13551
13. Gruber, L., Khol-Parisini, A., Humer, E., Abdel-Raheem, S. M., & Zebeli, Q. (2017). Long-term influence of feeding barley treated with lactic acid and heat on performance and energy balance in dairy cows. *Archives of Animal Nutrition*, *71*(1), 54-66. https://doi.org/10.1080/1745039X.2016.1253226
14. Harder, H., Khol‐Parisini, A., & Zebeli, Q. (2015). Modulation of resistant starch and nutrient composition of barley grain using organic acids and thermal cycling treatments. *Starch‐Stärke*, *67*(7-8), 654-662. https://doi.org/10.1002/star.201500040
15. Hart, K., Yáñez-Ruiz, D. R., Duval, S., McEwan, N., & Newbold, C. (2008). Plant extracts to manipulate rumen fermentation. *Animal Feed Science and Technology*, *147*(1-3), 8-35. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.09.007
16. Hristov, A., Zaman, S., VanderPol, M., Szasz, P., Huber, K., & Greer, D. (2007). Effect of a saponin-based surfactant and aging time on ruminal degradability of flaked corn grain dry matter and starch. *Journal of Animal Science*, *85*(6), 1459-1466. https://doi.org/10.2527/jas.2006-467
17. Huang, Y., Jones, R., Compiani, R., Grossi, S., Johnson, P., Eckersall, P., Rossi, C. S., & Jonsson, N. (2022). Effects of ammonia-treated maize on growth performance of beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, *290*, 11535 .۰https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115350
18. Huang, Y., Marden, J., Julien, C., & Bayourthe, C. (2018). Redox potential: An intrinsic parameter of the rumen environment. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *102*(2), 393-402. . https://doi.org/10.1111/jpn.12855
19. Humer, E., Khol-Parisini, A., Gruber, L., Gasteiner, J ,.Abdel-Raheem, S. M., & Zebeli, Q. (2015). Long-term reticuloruminal pH dynamics and markers of liver health in early-lactating cows of various parities fed diets differing in grain processing. *Journal of Dairy Science*, *98*(9), 6433-6448. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9522
20. Humer, E., & Zebeli, Q. (2017). Grains in ruminant feeding and potentials to enhance their nutritive and health value by chemical processing. *Animal Feed Science and Technology*, *226*, 133-151 . https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.005
21. Iqbal, S., Terrill, S., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Dunn, S., Yang, W., & Ametaj ,B. (2012). Treating barley grain with lactic acid and heat prevented sub-acute ruminal acidosis and increased milk fat content in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, *172*(3-4), 141-149 .https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.024
22. Iqbal, S., Zebeli, Q., Mazzolari, A., Bertoni, G., Dunn ,S., Yang, W., & Ametaj, B. (2009). Feeding barley grain steeped in lactic acid modulates rumen fermentation patterns and increases milk fat content in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *92*(12), 6023-6032 .https://doi.org/10.3168/jds.2009-2380
23. Jacob, J., & Pescatore, A. (2012). Using barley in poultry diets—A review. *Journal of Applied Poultry Research*,

21(4), 915-940 .https://doi.org/10.3382/japr.2012-00557

24. Kheirandish, P., Mesgaran, M. D., Javadmanesh, A., Mohri, M., Khafipour, E., & Vakili, S. A. (2022). Effect of processed barley grain on in vitro rumen fermentation and fate of nitrogen metabolism. https://ijas.rasht.iau.ir/article_697486_46aff2394cff507ae15ef4141bab1c7.pdf
25. Khosrow Shahi, S., Didar, Z., Hesarinejad, M. A., & Vazifedoost, M. (2021). Optimized pulsed electric field-assisted extraction of biosurfactants from Chubak (*Acanthophyllum squarrosum*) root and application in ice cream. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *101*(9), 3693-3706 .https://doi.org/10.1002/jsfa.11000
26. Kohn, R., Dinneen, M., & Russek-Cohen, E. (2005). Using blood urea nitrogen to predict nitrogen excretion and efficiency of nitrogen utilization in cattle, sheep, goats, horses, pigs, and rats *Journal of Animal Science*, *83*(4), 879-889 . https://doi.org/10.2527/2005.834879x
27. Malekjahani, F., Mesgaran, M. D., Vakili, A., Sadeghi, M., & Yu, P. (2017). A novel approach to determine synchronization index of lactating dairy cow diets with minimal sensitivity to random variations. *Animal Feed Science and Technology*, *225*, 143-156 .https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.11.010
28. Malekkhahi, M., Naserian, A. A., Rahimi, A., Bazgir, A., Vyas, D., & Razzaghi, A. (2021). Effects of ground, steam-flaked, and super-conditioned corn grain on production performance and total-tract digestibility in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *104*(6), 6756-6767 .https://doi.org/10.3168/jds.2020-19202
29. Mao, S., Zhang, G., & Zhu, W. (2008). Effect of disodium fumarate on ruminal metabolism and rumen bacterial communities as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of 16S ribosomal DNA. *Animal Feed Science and Technology*, *140*(3-4), 293-306 .https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.001
30. Naseroleslami, R., Danesh Mesgaran, M., Tahmasbi, A., Vakili, A., & Danesh Mesgaran, S. (2022). Diets containing processed barley grain as a potential rumen bypass starch source enhance productive responses of lactating Holstein dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *106*(3), 506-516. https://doi.org/10.1111/jpn.13635
31. Naseroleslami, R., Mesgaran, M. D., Tahmasbi, A., Vakili, S. A., & Ebrahimi, S. H. (2018). Influence of barley grain treated with alkaline compounds or organic extracts on ex vivo site and extent of digestion of starch. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *31*(2), 230. https://doi.org/10.5713/ajas.17.0212
32. Nocek, J. E., & Tamminga, S. (1991). Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3598-3629 . https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78552-4
33. Orth, R. 1992. Sample day and lactation report. DHIA 200 Fact Sheet A-2. Mid-states DRPC.
34. Östman, E. M., Nilsson, M., Elmståhl, H. L., Molin, G., & Björck, I. (2002). On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and *in vitro*. *Journal of Cereal Science*, *36*(3), 339-346 .https://doi.org/10.1006/jcrs.2002.0469
35. Piccioli-Cappelli, F., Loor, J., Seal, C., Minuti, A., & Trevisi, E. (2014). Effect of dietary starch level and high rumen-undegradable protein on endocrine-metabolic status, milk yield, and milk composition in dairy cows during early and late lactation. *Journal of Dairy Science*, *97*(12), 7788-7803 .https://doi.org/10.3168/jds.2014-8336
36. Plascencia, A., González-Vizcarra, V. M., & Zinn, R. A. (2018). Comparative effects of grain source on digestion characteristics of finishing diets for feedlot cattle: Steam-flaked corn, barley, wheat, and oats. *Canadian Journal of Animal Science*, *98*(4), 794-800 .https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0018
37. Rietmann, S. J., Gäbel, G., & Dengler, F. (2023). The intraruminal redox potential is stabilised by opposing influences during fermentation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *107*(1), 53-61 . https://doi.org/10.1111/jpn.13697
38. Røjen, B. A., & Kristensen, N. B. (2012). Effect of time duration of ruminal urea infusions on ruminal ammonia concentrations and portal-drained visceral extraction of arterial urea-N in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(3), 1395-1409 .https://doi.org/10.3168/jds.2011-4475
39. Rose, R., Rose, C. L., Omi, S. K., Forry, K. R., Durall, D. M., & Bigg, W. L. (1991). Starch determination by perchloric acid vs enzymes: evaluating the accuracy and precision of six colorimetric methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *39*(1), 2-11 .https://doi.org/10.1021/jf00001a001
40. Safaei, K., Ghorbani, G., Alikhani, M., Sadeghi-Sefidmazgi, A., & Yang, W. (2017). Response of lactating dairy cows to degree of steam-flaked barley grain in low-forage diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *101*(5), e87-e97 .https://doi.org/10.1111/jpn.12565
41. Shahri, A. K., Mesgaran, M. D., & Zahmatkesh, D. (2019). Effect of feeding of various types of soybean meal and

differently processed barley grain on performance of high producing lactating Holstein dairy cows .

42. Shen, J., Chai, Z., Song, L., Liu, J., & Wu, Y. (2012). Insertion depth of oral stomach tubes may affect the fermentation parameters of ruminal fluid collected in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *95*(10), 5978-5984 . https://doi.org/10.3168/jds.2012-5499
43. Tang, S. X., Dang, T., Tan, Z. L., Wu, D. Q., Yan, Q. X., & Kang, J. H. (2021). Effects of nonionic surfactant source and surface tension on in vitro fermentation characteristics of cereal straws. *Animal Feed Science and Technology*, *276*, 114912. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114912
44. Thorsteinsson, M., Maigaard, M., Lund, P., Weisbjerg, M. R., & Nielsen, M. O. (2023). Effect of fumaric acid in combination with *Asparagopsis taxiformis* or nitrate on in vitro gas production, pH, and redox potential. *JDS Communications*, *4*(5), 335-339. https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0259
45. Van Keulen, J., & Young, B. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, *44*(2), 282-287 .https://doi.org/10.2527/jas1977.442282x
46. Van Soest, P. v., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, *74*(10), 3583-3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
47. Wanapat, M., Cherdthong, A., Pakdee, P., & Wanapat, S. (2008). Manipulation of rumen ecology by dietary lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.) powder supplementation. *Journal of Animal Science*, *86*(12), 3497-3503. https://doi.org/10.2527/jas.2008-0885
48. Weatherburn, M. W. (1967). Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. *Analytical Chemistry*, *39*(8), 971-974. https://doi.org/10.1021/ac60252a045
49. Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B., & Drochner, W. (2008). Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of Dairy Science*, *91*(5), 2046-2066 .https://doi.org/10.3168/jds.2007-0572
50. Zhong, R., Li, J., Gao, Y., Tan, Z., & Ren, G. (2008). Effects of substitution of different levels of steam-flaked corn for finely ground corn on lactation and digestion in early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, *91*(10), 3931-3937 .https://doi.org/10.3168/jds.2007-0957